

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-334899

(43)Date of publication of application : 20.11.1992

(51)Int.Cl.

H05H 7/04  
H01F 7/02  
H01J 37/147

(21)Application number : 03-105391

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 10.05.1991

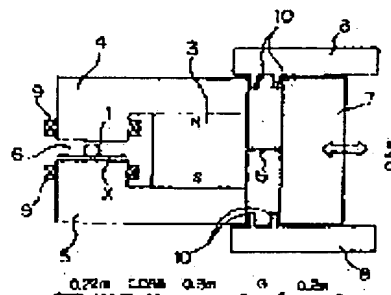
(72)Inventor : WASA YASUHIRO  
KUSAKA TAKUYA  
ISHIBASHI KIYOTAKA  
SUZUKI TOSHIMOTO  
KOBAYASHI AKIRA  
INOUE KENICHI  
KAWADA YUTAKA

## (54) CHARGED PARTICLE DEFLECTING MAGNET

(57)Abstract:

PURPOSE: To adjust magnet field intensity by installing a magnetic substance for magnetic bypass adjacently to a permanent magnet.

CONSTITUTION: A magnetic substance for a bypass 7 is arranged in parallel with the magnetizing direction of a permanent magnet 3. It is possible to change partially bypassing quantities of the magnet flux flowing from the magnet 3 to yoke magnetic substances 4, 5 by changing an interval G between the magnetic substance 7 and the magnet 3. The quantity of magnetic flux flowing from the magnet 3 whose magnetic flux density is constant to the magnetic substances 4, 5 is made to change so that the magnetic field intensity in a magnetic field space 6 is changed. The interval G between the magnet 3 and the magnetic substance 7 is adjusted by moving the magnetic substance 7 by connecting a gap adjuster 8 to a moving mechanism which uses oil pressure or water pressure. Since magnetic field intensity can be changed, while the uniformity of magnetic field distribution is kept in a deflecting magnet by means of a permanent magnet, it is possible to solve such problems as high expense equipment of deflecting magnets acting by means of electromagnet and a high level of the running cost.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-334899

(43)公開日 平成4年(1992)11月20日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H05H 7/04

9014-2G

H01F 7/02

Z 7135-5E

H01J 37/147

Z 9069-5E

審査請求 未請求 請求項の数2(全5頁)

(21)出願番号 特願平3-105391  
 (22)出願日 平成3年(1991)5月10日

(71)出願人 000001199  
 株式会社神戸製鋼所  
 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号  
 (72)発明者 和佐 泰宏  
 藤井寺市国府2-4-6  
 (72)発明者 日下 卓也  
 神戸市西区天王山26-7  
 (72)発明者 石橋 清隆  
 神戸市灘区新在家南町2-2-5  
 (72)発明者 鈴木 敏司  
 神戸市灘区新在家南町2-2-5  
 (74)代理人 弁理士 本庄 武男

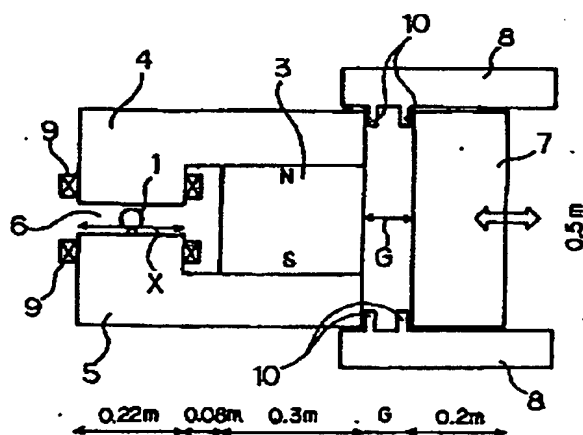
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 荷電粒子偏向磁石

(57)【要約】

【目的】 荷電粒子を加速・蓄積するストレージリングにおいて、荷電粒子を偏向させる磁石として、磁場強度を変化させることのできる永久磁石を提供する。

【構成】 永久磁石とヨーク磁性体とで磁気閉回路を形成して、その一部に開路を設けて磁場空間を構成し、この磁場空間に荷電粒子ビームを通すことにより、荷電粒子ビームに磁場強度が異なる磁場を与え、ローレンツ力により荷電粒子ビームを偏向させることができる。この構成による永久磁石による偏向磁石の磁場強度を変化させるために、永久磁石に平行にバイパス用磁性体を配して、永久磁石とバイパス磁性体との間隔を調整することにより、永久磁石の磁束をバイパス磁性体にバイパスする量を変化させることができ、磁場に達する磁束密度が変わり、磁場強度を変えることができる。しかし、磁場における磁場の分布の一様性は変わることがない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 永久磁石にヨーク磁性体を接続した磁気閉回路に開路を設けて磁場空間を形成し、該磁場空間の磁場方向に直交する方向に荷電粒子のビーム方向を設定した荷電粒子偏向磁石において、前記永久磁石に隣接して磁気バイパス用磁性体を永久磁石の着磁方向と平行に配置し、該バイパス用磁性体と永久磁石との距離を調整可能としたことを特徴とする荷電粒子偏向磁石。

【請求項2】 永久磁石にヨーク磁性体を接続した磁気閉回路に開路を設けて磁場空間を形成し、該磁場空間の磁場方向に直交する方向に荷電粒子のビーム方向を設定した荷電粒子偏向磁石において、前記ヨーク磁性体の少なくとも1箇所に間隔調整可能な間隙を設けたことを特徴とする荷電粒子偏向磁石。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電子サイクロトロンあるいは電子蓄積リング等において、荷電粒子を磁場により偏向させて周回運動させながら加速・蓄積するストレージリングに用いる荷電粒子偏向磁石に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 荷電粒子を加速あるいは蓄積させるために図9に概要を示すような加速・蓄積リングが用いられる。リング状の軌道20に荷電粒子を周回運動させるため、図9に示すように偏向磁石21を配置して、荷電粒子の軌道を曲げる。図5は電磁石による偏向磁石で、荷電粒子が通過するビームダクト1を電磁石により形成される磁場空間6に配置して、この磁場空間6に与える磁場強度を磁性体24に設けたコイル22および23に流す電流を変化させることにより、磁場分布の一様性を保ったままで磁場強度を変化させることができる。電磁石は磁場強度を変えることができるので、荷電粒子の加速状態において荷電粒子のエネルギー変化に対応させることができる。図6は永久磁石による偏向磁石で、永久磁石25、26を対向配置して、その間に磁場空間6を形成すると共に、各永久磁石25、26をヨーク磁性体27で接続して磁気回路を形成している。磁場空間6にビームダクト1を配置して、一定な磁場強度と一様な磁場分布を荷電粒子に与えることができる。永久磁石は磁場強度を変えることができないので、荷電粒子の蓄積状態のように磁場強度を変化させる必要のないときに適している。図7、8に示すものは、特開昭63-81798号公報に開示されるもので、前記の電磁石によるもの、および永久磁石によるものとを併用した例である。ビームダクト1に対し、電磁石28と永久磁石29とを移動可能に配置して、図7に示すように磁場強度を変化させる必要のある加速過程では電磁石28をビームダクト1の位置に配し、磁場強度が一定でよい蓄積過程では図8に示すように永久磁石29をビームダクト1の位置に移動させるよう構成されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来例の偏向磁石において、電磁石による偏向磁石の場合、磁場空間の間隔が例えば70mmで、1.2Tの磁束密度を得るための電流は、約50000アンペアターンとなる。コイルの巻数およびその断面積には構造上限界があるため、電流を大きくする必要があり、大容量の電源とコイルの発熱を抑える冷却装置が必要になり、ランニングコストが高くなるという問題点をかかえている。また、上記永久磁石による偏向磁石の場合、磁場分布を一様に保ったまま磁場強度を変化させることが困難で、例えば磁場を形成する永久磁石の間隔を変えて磁場強度を変えると、磁場分布の一様性が損われる問題点があった。さらに、上記電磁石と永久磁石を併用した従来例構成においては、電磁石から永久磁石に切替えるときに、電磁石と永久磁石との境目の磁場分布が一様でない部分を荷電粒子が通ることになるので、荷電粒子のビームが不安定になる危険性を有している。本発明は上記課題を解決するために、磁場強度の一様性を保ちつつ磁場強度を変化させることのできる永久磁石による偏向磁石を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するための本発明は、永久磁石にヨーク磁性体を接続した磁気閉回路に開路を設けて磁場空間を形成し、該磁場空間の磁場方向に直交する方向に荷電粒子のビーム方向を設定した荷電粒子偏向磁石において、前記永久磁石に隣接して磁気バイパス用磁性体を永久磁石の着磁方向と平行に配置し、該バイパス用磁性体と永久磁石との距離を調整可能としたことを特徴とする荷電粒子偏向磁石である。また、永久磁石にヨーク磁性体を接続した磁気閉回路に開路を設けて磁場空間を形成し、該磁場空間の磁場方向に直交する方向に荷電粒子のビーム方向を設定した荷電粒子偏向磁石において、前記ヨーク磁性体の少なくとも1箇所に間隔調整可能な間隙を設けたことを特徴とする荷電粒子偏向磁石である。

## 【0005】

【作用】 上記構成によれば、永久磁石にヨーク磁性体を接続して形成した磁気閉回路に開路を設けて形成した磁場空間に、荷電粒子のビームを通すことで、荷電粒子のビーム方向と直交する方向に磁場を印加することができる。この磁場空間の磁場強度を変化させ、加速・蓄積リングの加速過程における荷電粒子のエネルギー変化に対応させるために、永久磁石に隣接させて磁気バイパス用磁性体を永久磁石の着磁方向と平行に配置すると、磁気閉回路に流れる磁束の一部がバイパス用磁性体に流れるので、このバイパス用磁性体と永久磁石との間隔を変えると、バイパス用磁性体に流れる磁束の量を調節することができ、従ってヨーク磁性体へ流れる磁束密

3

度が変わり、磁場空間の磁場強度を変えることができる。しかし、磁場空間を形成する開路の間隔は一定であるので、磁場強度を変えても磁場分布の一樣性は変化しない。また、磁気閉回路を形成するヨーク磁性体の少なくとも1箇所に間隙を設けて、この間隙の間隔を変化させると、磁気閉回路に流れる磁束の洩れ量に変化して磁場空間の磁場強度を変化させることができる。しかし、磁場空間を形成する開路間隔は一定であるので、磁場分布の一樣性は変化しない。

【0006】

【実施例】次に、具体例を示して本発明の理解に供する。図1に本発明の第1実施例を示す。永久磁石3の両極にヨーク磁性体4および5を接続して、ヨーク磁性体4と5とで磁場空間6である開路を形成した逆Cの字形の磁気閉回路を構成している。ヨーク磁性体4、5により形成される磁場空間6には永久磁石3による磁場が作用するので、この磁場空間6の中心にビームダクト1を配置する。ビームダクト1は図9に示したように、荷電粒子が周回軌道を描くようにリング状に構成されており、このビームダクト1を通過する荷電粒子のビーム方向に対して直交する方向に磁場を印加してローレンツ力により荷電粒子を偏向させる。前記のように構成された磁気閉回路における磁場空間6は、ビームダクト1に対し一樣な磁場分布で、磁場強度が一定の磁場を印加している。そこで、磁場分布の一樣性を損うことなく、磁場強度を変化させるために、図1に示すように永久磁石3の着磁方向と平行にバイパス用磁性体7を配置する。このバイパス用磁性体7と永久磁石3との間隔Gを変えることにより、永久磁石3からヨーク磁性体4、5に流れる磁束の一部をバイパスさせる量を変化させることができる。即ち、磁束密度が一定である永久磁石3からヨーク磁性体4、5に流れる量を変化させ、磁場空間6における磁場強度を変化させることになる。上記構成に用いる永久磁石3には残留磁気の大きな、例えばSmCoのような希土類磁石を用い、ヨーク磁性体4、5およびバイパス用磁性体7には透磁率が数百以上の、例えばフェライト焼結体を用いている。また、永久磁石3とバイパス用磁性体7との間隔Gの調整は、バイパス用磁性体7が永久磁石3から大きな磁気引力を受けるので、図1に示すようにギャップ調整器8を油圧または水圧等による移動機構（図示せず）に接続してバイパス用磁性体7を移動させる。

【0007】上記構成において、バイパス用磁性体7と永久磁石3との間隔Gを変えたときの、磁場空間6の磁場強度の変化を図2に実測定グラフとして示す。図の横軸は磁場空間6の磁場分布、即ち、図1に示すヨーク磁性体4と5とが対向するX方向の磁場強度の分布状態を示し、縦軸は磁場強度（磁場方向が図示状態で下向きであるのでマイナスになる）を示している。永久磁石3とバイパス用磁性体7との間隔Gが20cmのとき、0.5

4

Tの最大磁場が空間6に発生する。間隔Gは20cm以上離しても磁場強度の変化は殆どなく、従って間隔Gの最大は、上記構成による場合20cmとなる。間隔Gを小さくするにしたがって磁場強度は小さくなり、間隔Gを0cmにしたときの磁場強度は0.05Tで、最大磁場強度の1/10となる。但し、実使用状態においては、間隔Gを0cmにすることはないので、図1に示すようにギャップ調整器8の凸部10で最小の間隔Gを保つように構成している。また、図2からわかるように、ビームダクト1が配置される中心位置（X=0.11m）付近の磁場の一樣性は、磁場強度が変化しても損われることなく一樣な磁場分布を示している。この測定のために用いた構成は、残留磁気約1.2Tの永久磁石3を用い、図1に記載する寸法形状の条件による。また、この構成による偏向磁石を用いて電子加速蓄積リングを構成すると、リング半径約7mで最大ビームエネルギーが1GeV、ビームの入射エネルギーは0.1GeVの比較的小型の入射器でよく、全体として安価な加速蓄積リングを構成することができる。尚、図1に示す磁場強度補正コイル9は、間隔Gを変化させる機械的な磁場強度調整の誤差を補正するためのもので、永久磁石3による磁場に補助的な電磁石の磁場を加えて微調整を行うためのものである。この磁場強度補正用コイル9には補正のための磁場発生に必要な電流を通じるだけでよいので、大容量の電源装置や冷却装置などは不要である。

【0008】図3に本発明の第2実施例を示す。磁場空間6を形成する間隔をあけて永久磁石11および12を対向配置し、各永久磁石11、12の対向極の反対極をヨーク磁性体13で接続して逆Cの字形の磁気閉回路を構成している。磁場空間6における磁場強度および磁場分布の一樣性は、先の第1実施例の構成と同様に達成される。この構成における磁場強度の調整は、図示するように各永久磁石11、12の着磁方向と平行に配置したバイパス用磁性体14と各永久磁石11、12との間隔Gを調整することによりなされる。間隔Gを調整するためのギャップ調整器の図示は省略している。図4に本発明の第3実施例を示す。永久磁石15の両極にヨーク磁性体16、17を接続し、この各ヨーク磁性体16、17と、磁場空間6を形成する間隔をあけて対向配置した磁場形成用ヨーク磁性体18、19とを、間隔Gを隔て対向させて磁気回路を構成している。間隔Gは永久磁石15とヨーク磁性体16、17とが形成するブロックを移動させて調節することができる。尚、間隔G調整のためのギャップ調整器の図示は、先例と同様に実施されるものとして省略している。本構成による場合の磁場強度の変化は、前記の2例と異なり、永久磁石15からの磁束が磁場形成用ヨーク磁性体18、19へ流れる途中に間隔Gを設けて、この間隔G部分から磁束が洩れることを利用して、磁場空間6へ達する磁束の量を調節するものである。従って、間隔Gを調整することにより、磁場

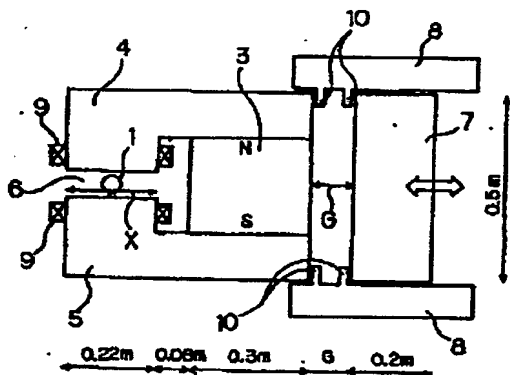
5

空間6における磁場強度を変化させることができる。磁場空間6の磁場強度を変化させても、磁場を形成する磁場形成用ヨーク磁性体18、19の対向間隔は一定であるので、磁場分布の一意性は変化しない。

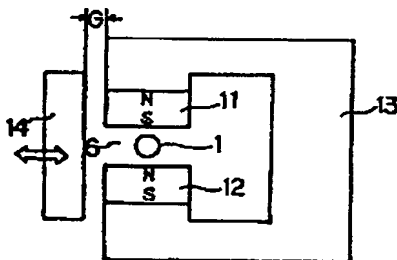
【0009】

【発明の効果】以上に説明した本発明によれば、永久磁石による偏向磁石において磁場分布の一意性を保ちつつ磁場強度を変化させることができるので、電磁石による偏向磁石の設備費用やランニングコストの高さの課題を解決することができる。また従来、磁場強度を変化させることが困難であるため、荷電粒子の蓄積過程での偏向磁石としての用にしか使用できなかった永久磁石による偏向磁石を、加速過程においても使用することができる。本発明による偏向磁石は、比較的小型の電子シンクロトロンや電子蓄積リング等の加速、蓄積型リングを構成する上において、安価な建設費用と低いランニングコストを実現することができ、近來その要求の高い半導体デバイスの微細加工などの目的に寄与することができる。

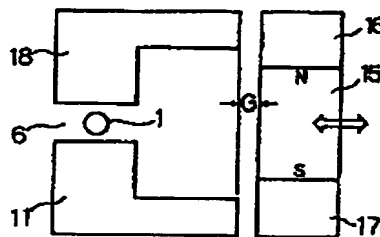
【図1】



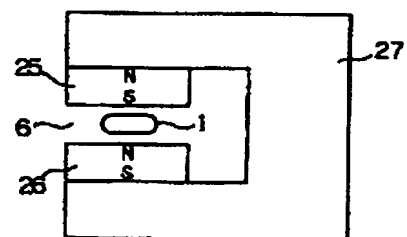
【図3】



【図4】



【図6】



6

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例偏向磁石の模式図。

【図2】 同上装置による磁場強度変化の測定グラフ。

【図3】 本発明の第2実施例偏向磁石の模式図。

【図4】 本発明の第3実施例偏向磁石の模式図。

【図5】 従来例の電磁石による偏向磁石の模式図。

【図6】 従来例の永久磁石による偏向磁石の模式図。

【図7】 従来例の電磁石・永久磁石併用偏向磁石の加速過程での模式図。

10 【図8】 同上の蓄積過程での模式図。

【図9】 加速・蓄積リングの概要図。

【符号の説明】

1…ビームダクト

3, 11, 12, 15…永久磁石

4, 5, 12, 16, 17…ヨーク磁性体

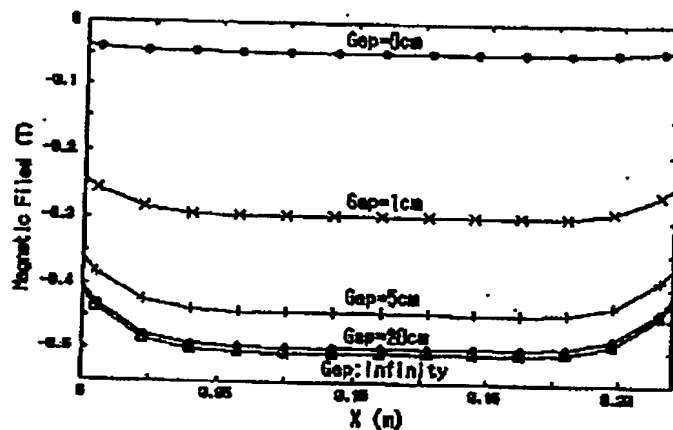
6…磁場空間

7, 14…バイパス用磁性体

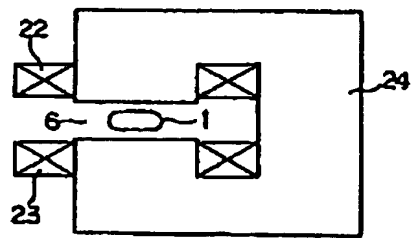
18, 19…磁場形成用ヨーク磁性体 (ヨーク磁性体)

G…間隔

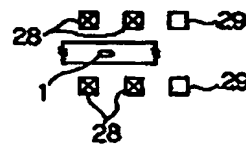
【図2】



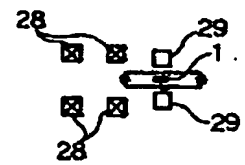
【図5】



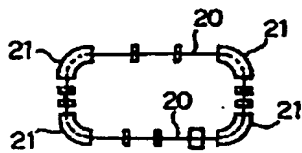
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 明  
神戸市垂水区福田4丁目6-23

(72)発明者 井上 憲一  
神戸市東灘区本山南町3-3-2 ジークレ  
フ本山南4303

(72)発明者 川田 豊  
神戸市西区狩場台5丁目2-4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**